

建設省土木研究所 正員 川島一孝

" " 荒川直士

" " 相沢 興

1. まえがき

道路橋示方書耐震設計編では、高さ15m以上の橋に対しては応答を考慮した修正震度法を適用し、震度法による設計水平震度 k_h を β 倍した震度(修正震度法における設計水平震度 $k_{hm} = \beta k_h$)を与えている。ここで、補正係数 β は、1.25を上限とし、橋の固有周期および地盤種別ごとに与えられている。本報告は、加速度応答スペクトルに基づき、 β を検討した結果を報告するものである。

2. 修正震度法における震度

設計震度という概念は大正5年に佐野利器により導入されたもので、地震動の最大加速度 a を重力の加速度 G で割った値(a/G)として定義されている¹⁾。ただし、佐野は剛な構造物では、構造物の加速度は地盤の加速度とほぼ同じとなるが、柔な構造物では構造物の加速度は地盤の加速度よりも小さくなることを指摘し、これが現在では修正震度法(特に長周期構造物の場合)として実用されている。佐野は直接触れていないが、構造物の周期と地震動の卓越周期が一致すれば構造物の振動は当然大きくなる。

いま、構造物を固有周期 T [秒]、減衰定数 η の1自由度系で近似できるとすれば、この構造物の最大加速度は加速度応答スペクトル $S_A(T, \eta)$ として与えられる。応答スペクトルとは $S_A(T, \eta)$ を、減衰定数 η をパラメータにし、横軸に周期 T 、縦軸に S_A をとってプロットしたものである。一般に橋の減数定数 η は固有周期 T によって変化するとされているから、この関係を $\eta = f(T)$ ----- (1) と表わす。式(1)を用いれば、固有周期 T 秒の橋の最大応答加速度 $R_s(T)$ は $R_s(T) = S_A(T, f(T))$ ----- (2) と近似することができる。したがって、橋の応答を考慮した場合の修正震度は $k_{hm} = R_s(T)/G$ ----- (3) で与えられることになる。

一方、修正震度法における震度は、重要度別補正係数 V_{IMP} と地域別補正係数 V_{ZONE} を別にすれば、 $k_{hm} = V_{GC} \times \beta \times k_h$ と与えられる。ここで V_{GC} は地盤別補正係数である。これを式(3)に代入し、 $k_0 = 0.2$ とすると、 $R_s(T)$ は図1に示すようになり、現行の道路橋の耐震設計ではこの程度の加速度を考慮していることになる。

3. 応答スペクトルによる橋に生じる最大加速度 $R_s(T)$ の検討

既往の加速度応答スペクトルの推定式をもとに、実際にどの程度の $R_s(T)$ が橋に生じるか(以下、これを $\tilde{R}_s(T)$ と表わす)を検討する。減衰定数5%の加速度応答スペクトル $S_A(T, 0.05)$ の統計解析結果をもとに、 $S_A(T, \eta)$ を

$$S_A(T, \eta) = S_A(T, 0.05) \times \xi_{SA}(\eta) \quad (4)$$

と与える。ここで $S_A(T, 0.05)$ は、地震のマグニチュード M および震央距離 Δ [km]により次式で与えられる。²⁾

$$S_A(T, 0.05) = a(T, GC) \times 10^{8(T, GC)M} \times (\Delta + 30)^{-1.178} \quad (5)$$

ここで、係数 a 、 η は地盤種別 GC に依り、表1のように与えられる。また、減数定数による補正係数 $\xi_{SA}(\eta)$ は

$$\xi_{SA}(\eta) = 1.5 / (40\eta + 1) + 0.5 \quad (\text{図2参照}) \quad (6)$$

と与えられる。³⁾⁵⁾ 式(1)の関係については岩崎らが多数の実橋の強制加振実験から求めた次式がある(図3参照)。⁴⁾

$$\eta = 0.02 / T \quad (\text{一般橋の水平振動に対して}) \quad (7)$$

これらより、橋に生じる最大加速度 $\tilde{R}_s(T)$ は次式で求めることができる。

$$\tilde{R}_s(T) = \left[a(T, GC) \times 10^{8(T, GC)M} \times (\Delta + 30)^{-1.178} \right] \times \left[\frac{1.5}{0.8T + 1} + 0.5 \right] \quad (8)$$

式(8)により、マグニチュード7~8、震央距離 $\Delta = 50 \sim 100$ kmに対して $\tilde{R}_s(T)$ を試算した一例が図4である。

ただし、式(7)で、1秒以上の橋に対しては減衰定数 $\eta=0.02$ とした。これによれば、式(8)による $\tilde{R}_s(T)$ は $M=7$ 、 $\Delta=50\text{ km}$ 程度の場合に式(2)による $R_s(T)$ と同程度の値となること、また、 $\tilde{R}_s(T)$ は $R_s(T)$ に比較し、1~3種地盤ではより短周期側で大きくなるのがわかる。

4. あとがき

現行の応答スペクトルおよび減衰定数の推定式には、平均値まわりにながりのばらつきがある。ここでは、すべて推定式の平均値を用いることにより応答スペクトルをもとに道路橋に生じるであろう最大加速度を検討してみた。今後、実測結果ともつぎ合わせ、より合理的な設計法を開発したい。

参考文献

1)佐野利器：家屋耐震構造論，震災予防調査会，大正5年。 2)川島一彦，相沢興，高橋和之：加速度応答スペクトルの予測式，第16回土木学会地震工学研究発表会，1983。 3)川島一彦，相沢興，高橋和之：応答スペクトルに対する減衰定数の補正法，第38回土木学会全国大会，1983。 4)栗林栄一，岩崎敏男：橋梁の振動減衰に関する実験結果，土研所報，第139号，1970。 5)川島一彦，相沢興，高橋和之：地震応答スペクトルに及ぼす減衰定数の影響，土木学会論文報告集，第353号，1983。

表-1 式(5)の係数 $\alpha(T, GC)$ および $\beta(T, GC)$

固有周期 T (秒)	岩盤 $\alpha(T)$	硬盤 $\beta(T)$	沖積・浅層地盤 $\alpha(T)$	軟弱地盤 $\beta(T)$	軟弱地盤 $\alpha(T)$	軟弱地盤 $\beta(T)$
0.1	2420	0.211	848.0	0.262	1307	0.208
0.15	2407	0.216	629.1	0.288	948.2	0.238
0.2	1269	0.247	466.0	0.315	1128	0.228
0.3	574.8	0.273	266.8	0.345	1263	0.224
0.5	211.8	0.299	102.2	0.388	580.6	0.281
0.7	102.5	0.317	34.34	0.440	65.67	0.421
1	40.1	0.344	5.04	0.548	7.41	0.541
1.5	7.12	0.432	0.719	0.630	0.803	0.647
2	5.78	0.417	0.347	0.644	0.351	0.666
3	1.67	0.462	0.361	0.586	0.262	0.635

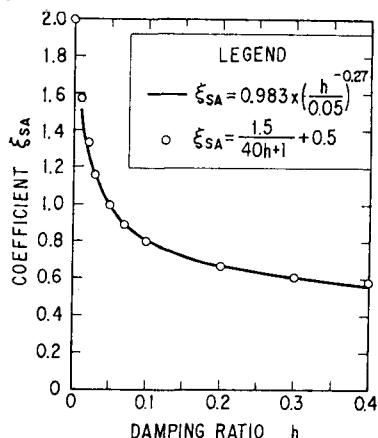


図2 減衰定数による応答スペクトルの補正式($\eta=5\%$ のスペクトルに1.0とは場合)

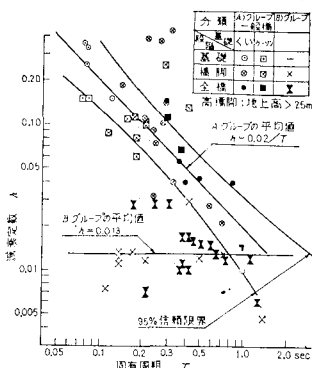


図3 固有周期～減衰定数の関係

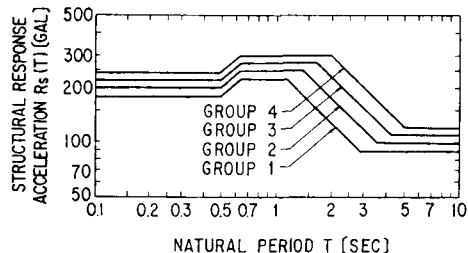
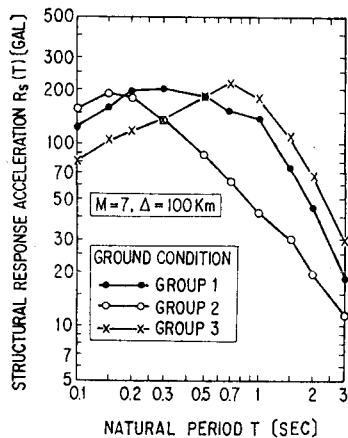
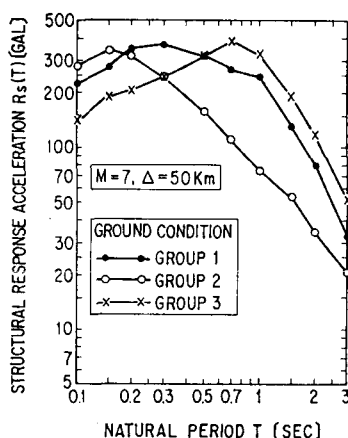


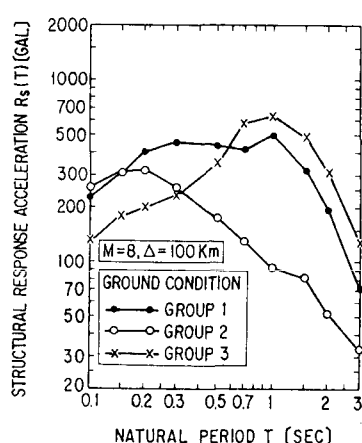
図4 道路橋示方書で与えている $R_s(T)$ [gal]



(a) $M=7$, $\Delta=100\text{ km}$



(b) $M=7$, $\Delta=50\text{ km}$



(c) $M=8$, $\Delta=100\text{ km}$

図4 式(8)による $\tilde{R}_s(T)$ の試算結果